



## Brugeradfærd og indeklima i bebyggelse før og efter energirenovering

Andersen, Rune Korsholm

*Published in:*  
H V A C Magasinet

*Publication date:*  
2015

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Andersen, R. K. (2015). Brugeradfærd og indeklima i bebyggelse før og efter energirenovering. *H V A C Magasinet*, 51(10), 52-56.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Brugeradfærd og indeklima i bebyggelse før og efter energirenovering

Efter renovering blev et forsøg med feedback til nogle af beboerne udført for at undersøge muligheder for at påvirke deres adfærd

Af Rune Korsholm Andersen  
i samarbejde med  
Leif Rønby Pedersen

Det lyder godt, når man hører om renoveringsprojekter, hvor resultatet er et lavt beregnet energiforbrug. Men sådanne beregninger stemmer sjældent overens med det reelle forbrug, og ofte får brugernes adfærd skylden for afvigelsen mellem beregnet og målt forbrug. Et studie har undersøgt brugernes adfærd før og efter renoveringen af ejendommen i Ryesgade 30 i København. Projektet gik ud på at registrere brugeradfærd og indeklima i bebyggelsen før og efter renoveringen. Efter renoveringen blev et forsøg med feedback til nogle af beboerne udført for at undersøge muligheder for at påvirke deres adfærd.

Der er efterhånden foretaget mange studier af at informere beboerne om deres eget energiforbrug for at få dem til at ændre adfærd, så energiforbruget bliver sænket. Ofte bygger disse forsøg på en antagelse om, at øget information om eget energiforbrug vil øge beboernes generelle fokus på deres forbrug og derigennem automatisk forsøge at reducere dette gennem adfærdsændringer. Men sammenhængen mellem adfærd og energiforbrug er ofte kompleks, og ofte er sammenhængen mellem adfærd og indeklima mere håndgribelig. Derfor blev infor-

mationen til beboerne udformet ud fra indeklimate målinger i stedet for energiforbrug, så beboerne kunne opnå de indeklimatiske forhold, de ønskede, uden at spille energien.

## Metode

Registreringen både før og efter renoveringen bestod af omfattende målinger af indeklima og vinduesåbningsadfærd. Før renoveringen blev 15 lejligheder udvalgt fra opgang A og B. Efter renoveringen blev der af praktiske årsager udvalgt nye lejligheder fra opgang A, B og

C, således at der blev målt både før og efter renoveringen i ni lejligheder. Under renoveringen blev alle beboere genhuset. Desværre flyttede ingen af de oprindelige beboere tilbage i de samme lejligheder efter renoveringen (men nogle flyttede tilbage til andre lejligheder i ejendommen). Det betyder, at det ikke har været muligt at adskille effekten af renoveringen fra effekten af nye beboere.

## Målinger af indeklima og vinduesåbning

I hver lejlighed blev de følgende ►



Figur 1. Eksempel på feedbackbrev.



Unik AFC-  
teknologi



# Nu kan du gøre dine kunder lige så glade som Max.

Eclipse sikrer, at den krævede rumtemperatur opnås hver gang. Samtidig med at den regulerer det maksimale flow uafhængigt af differenstrykket, opnås et godt indreguleret anlæg ved blot at justere flowet direkte på ventilen uden nogle komplekse rørberegninger.

#### Vores nye termostatventil:

- Afprøvet unik automatisk flowreguleringsteknologi (AFC)
- Er den mindste automatiske termostatventil på markedet
- Tilbyder et præcist reguleret anlæg, som forbedrer radiatorernes og kedlens effektivitet
- Eliminerer behovet for særskilte, komplicerede beregninger
- Opretholder korrekt flow med mindre støj

Engineering  
GREAT Solutions



► Brugeradfærd og...

Fortsat

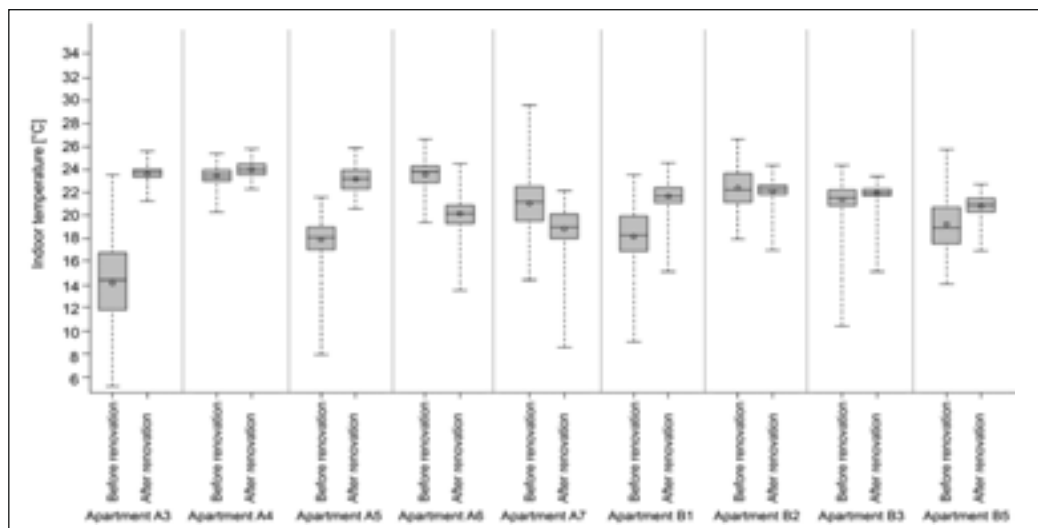
parametre registreret hver 10. minut i både soveværelse og stue:

- Lufttemperatur
- Relativ fugtighed
- CO<sub>2</sub>-koncentration
- Belysningsstyrke
- Vinduets position (åbent/lukket)

Indeklimasensorerne blev monteret på en indervæg en til 1,8 meter over gulvet. Derved målte de lufttemperaturen tæt ved en indervæg og registrerede ikke strålingsasymmetri og træk.

### Interview af beboere

Inden renoveringen blev mindst en af beboerne i hvert lejemål interviewet om deres syn på og viden om eget varmekonsum. Beboerne blev også spurgt om deres vaner og adfærd med hensyn til regulering



Figur 2. Temperaturen i soveværelset i de ni lejligheder, hvor der blev målt både før og efter renoveringen. Yderpunkterne viser den højeste og laveste temperatur, mens afgrænsningen af de grå kasser viser øvre og nedre kvartil (25 og 75 procentilen). Stregen i kasserne viser medianværdien, og ringen viser middelværdien.

af indeklimaet (hovedsageligt brug af radiatorer og vinduer). Efter renoveringen blev et spørgeskema sendt ud til alle lejligheder i bebyggelsen. Spørgeskemaet indeholdt spørgsmål om beboernes oplevelse af indeklimaet og om deres måde at regulere indeklimaet på. I de fem lejligheder, der modtog feedback, blev der også spurgt til deres oplevelser af feedbacken.

### Energiforbrug

Inden renoveringen blev varmekonsumsdata indsamlet af Brunata A/S (målt med fordampningsmålere) og videregivet med tilladelse fra administrator. Efter renoveringen blev

varmekonsumsmålerne udskiftet til elektroniske fjernaf-læste varmekonsumsmålere. Det var desværre ikke muligt at få data fra de nye målere.

### Feedback

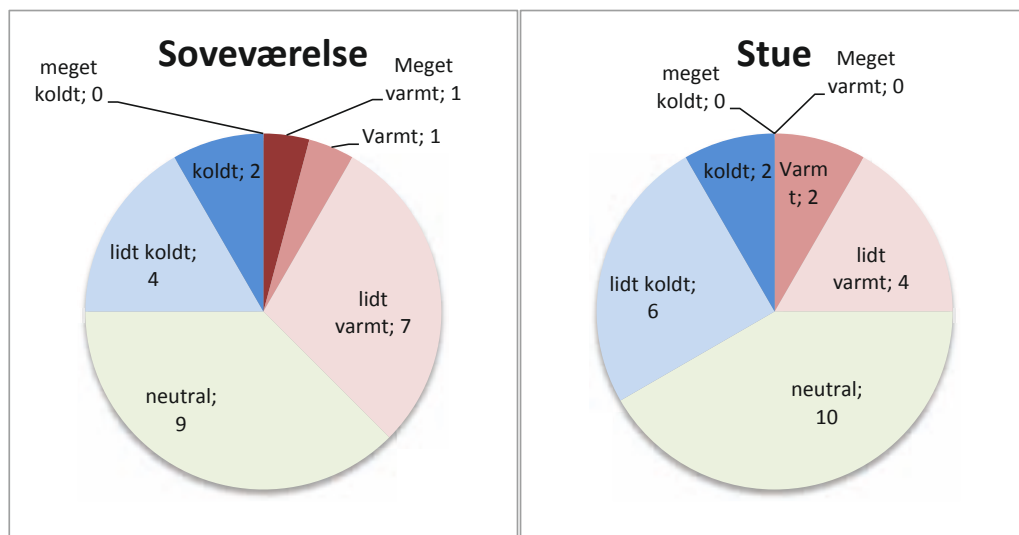
Efter renoveringen blev der foretaget forsøg med at give information om indeklimaet til beboerne i fem lejligheder. Feedbacken blev givet i form af et brev til beboerne, der blev omdelt hver uge. Brevet bestod af ét ark papir med smiley for temperatur, relativ fugtighed og CO<sub>2</sub> koncentration i stuen og i soveværelset (seks smiley). På bagsiden kunne beboerne se grafer over udviklingen i de målte parametre samt anbefa-

linger (baseret på målingerne) om, hvordan de kunne opretholde/få grønne smiley. Figur 1 viser et eksempel på et feedbackbrev.

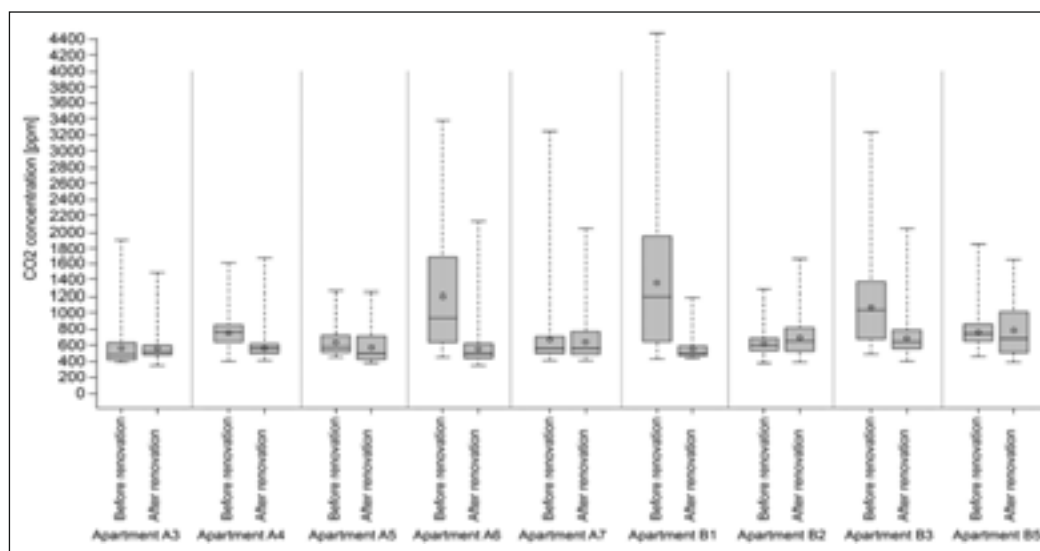
For at vurdere effekten af feedback på indeklimaet blev der foretaget referencemålinger i alle lejligheder i perioden oktober 2012 til februar 2013. Feedbackperioden strakte sig fra februar til april 2013. Her modtog fem lejligheder feedbackbreve, mens de resterende ni lejligheder fungerede som reference.

### Interview og observationer

Interviewene inden renoveringen viste, at beboernes viden om deres energiforbrug var begrænset. Kun én beboer kendte størrelsen af den månedlige varmeregning. 81 procent af de adspurgte beboere troede, at deres forbrug var lavere end gennemsnittet. Varmeregnskabet afslørede, at der var 61 pro-



Figur 3. Fordeling af svar på spørgsmålet: "Vurderet ud fra de seneste to måneder, hvordan vil du samlet set vurdere temperaturen indendørs?" i soveværelset (venstre) og stuen (højre). Spørgeskemaet blev sendt ud til 36 lejligheder og blev besvaret af 25 (69 procent).



Figur 4. CO<sub>2</sub> koncentrationen i soveværelset i de ti lejligheder, hvor der blev målt både før og efter renoveringen. Yderpunkterne viser den højeste og laveste temperatur, mens afgrænsningen af de grå kasser viser øvre og nedre kvartil. Stregen i kasserne viser medianværdien, og ringen viser middelværdien.

cent, der havde et lavere forbrug end gennemsnittet, og der var kun 43 procent af informanterne, der "gættede" rigtigt. Dette skal ses i forhold til, at der statistisk set burde have været 50 procent rigtige gæt,

hvis beboerne havde slået plat eller krone.

### Indeklima

Både før og efter renoveringen var der store forskelle mellem

lejlighederne på temperatur, fugtighed og CO<sub>2</sub> koncentration. Ligeledes var der over tid store variationer i de målte parametre. Renoveringen havde ikke nogen systematisk indflydelse på temperaturerne i lej-

lighederne. Figur 1 viser en sammenligning mellem temperaturerne i soveværelserne før og efter renoveringen. I nogle af lejlighederne blev temperaturen forhøjet, mens den faldt i andre, men det er svært at få øje på nogen systematik i ændringerne. Efter renoveringen flyttede der nye beboere ind i lejlighederne. Det er ikke muligt at afgøre, om de observerede forskelle skyldes renoveringen, eller at der er kommet nye beboere.

Inden renoveringen var der ud-talt utilfredshed med det termiske indeklima blandt de interviewede beboere. Mange oplevede trækgener og ukomfortabel strålingsasymmetri om vinteren. Efter renoveringen svarede 20 ud af 24 (83 procent), at der var lidt koldt, neutralt eller lidt varmt i lejlighederne (i både soveværelset og i stuen). Disse forskelle er ikke afspejlet i målingerne, da sensorerne målte lufttemperaturen ►

## Bosch er klar til den nye ErP energimærkning – er du?



Bosch Compress 6000 AW ligger i toppen af den nye mærkningsordning med klassificeringen A++ og er fortsat Danmarks mest energieffektive luft/vand varmepumpe.

Fra d. 26. september 2015 skal alle nye varmeanlæg forsynes med en energilabel som har til formål at informere forbrugeren om hvor energieffektivt varmeanlægget og komponenterne er. Det gør det nemmere for forbrugeren at vælge det rigtige tilbud og produkt. Men det stiller også en række krav til dig som installatør.

Læs mere på [www.bosch-erp.dk](http://www.bosch-erp.dk) og se testresultaterne på [www.sparenergi.dk/varmepumpe-liste](http://www.sparenergi.dk/varmepumpe-liste).



**BOSCH**  
Invented for life

Energiklassen angiver energieffektiviteten af Bosch Compress 6000 AW produktlinje.



## Brugeradfærd og...

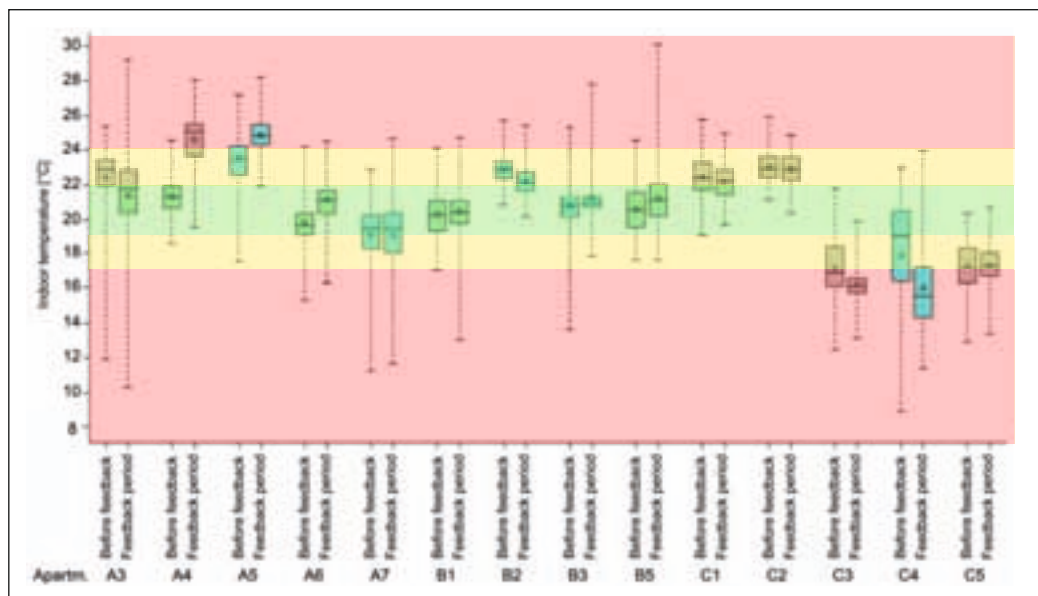
Fortsat

tæt ved en indervæg og dermed ikke registrerede kolde overflader.

Figur 4 viser de målte CO<sub>2</sub> koncentrationer i soveværelserne både før og efter renoveringen. I de fleste lejligheder faldt CO<sub>2</sub> koncentrationen markant – specielt i de lejligheder, der havde høje CO<sub>2</sub> niveauer inden renoveringen. Da der er nye beboere i alle lejlighederne, er det ikke muligt at fastslå om effekten skyldes nye beboere eller renoveringstiltagene, men det er nærliggende at tro, at det mekaniske ventilationsanlæg har bidraget til reduktionen af CO<sub>2</sub> koncentrationen.

### Effekten af feedback

Figur 5 viser temperaturen i stuen opdelt på perioden før



Figur 5. Sammenligning af målte temperaturer i stuen før feedback- og feedbackperioden. Lejligheder markeret med blå modtog feedback i feedbackperioden, mens resten fungerede som reference.

feedback og perioden, hvor fem lejligheder modtog feedback. Udviklingen i temperatur var modsat anbefalingerne i to lejligheder (A5 og C4), mens udviklingen var i samme retning som anbefalingerne i én lejlighed (B2). I tre af de lejligheder, der ikke modtog feedback (A4, A6 og C3), var der stor forskel på temperaturen i de to perioder, mens udviklingen var beskeden i de resterende seks lejligheder.

I en af de lejligheder, der mod-

tog feedback (B2), gik udviklingen af CO<sub>2</sub> koncentrationen i retning af anbefalingerne, mens det modsatte var gældende i en anden (C4). I de resterende feedbacklejligheder var der kun ringe udvikling i CO<sub>2</sub> koncentrationen. Målingerne stemmer fint overens med resultaterne fra spørgeskemaet. Her svarede beboerne i lejlighed B2, at de både kiggede på og forsøgte at rette sig efter anbefalingerne. I de andre lejligheder kiggede bebo-

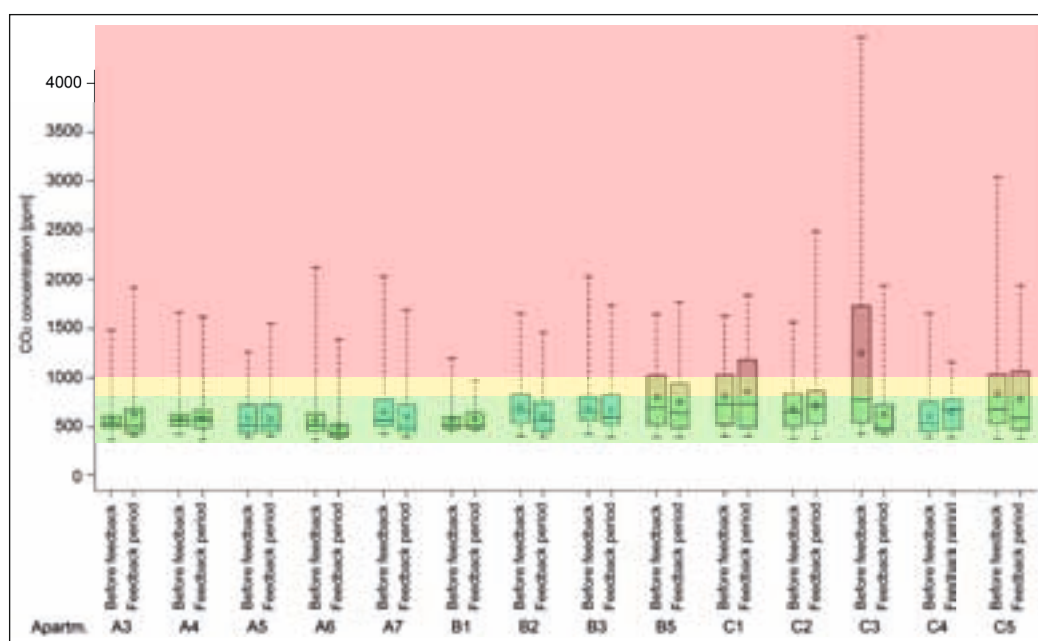
erne enten ikke på anbefalingerne eller forsøgte ikke at rette sig efter dem.

### Varmeforbrug

Inden renoveringen var der store forskelle i varmemeforbruget mellem lejlighederne. I ejendommen var det højeste forbrug syv gange så højt som det laveste. Forskellene var et resultat af interne varmestømme mellem lejlighederne, som var forårsaget af store temperaturforskelle lejlighederne imellem. Derudover bidrog forskelle i udluftningsadfærd og forekomsten af forsatsvinduer til den store forskel.

Projektet blev finansieret af Ministeriet for By, Bolig- og landdistrikter. Kristina Vang Jacobsen og Søren Andersen har udført nogle af målingerne og stået for en del af databehandlingen i forbindelse med deres hhv. Master og Ph.d. projekt.

Rune Korsholm Andersen er seniorforsker på Center for Indeklima og Energi ved Danmarks Tekniske Universitet. Leif Rønby Pedersen er arkitekt maa & civilingeniør, ejer af arkitektfirmaet rønby.dk og partner i rådgivningsfirmaet e+as



Figur 6. Sammenligning af CO<sub>2</sub> koncentrationer i soveværelset før feedback- og feedbackperioden. Lejligheder markeret med blå modtog feedback i feedbackperioden, mens resten fungerede som reference.